

## 解 説

## アイドルストップ用電動オイルポンプの開発\*

井上昌弘\*\*

\* 平成 24 年 6 月 7 日原稿受付

\*\* 株式会社ジェイテクト，〒582-8588 大阪府柏原市国分東条町 24-1

## 1. はじめに

近年の省エネ・環境規制強化の流れから、各社とも自動車の低燃費化に貢献する技術を積極的に導入している。その中心にハイブリッド自動車技術が位置づけられているが、ガソリン車に比べると構造が複雑で高コストとなる。そこで、ガソリン車で 5%~10%の低燃費化ができる技術として、停車中にエンジンを止めるアイドルストップシステムが実用化され、搭載車が普及しつつある。アイドルストップシステムではエンジン始動直後における CVT (AT) クラッチ係合の油圧を確保するため、図 1 に示すようにエンジン停止中のみ作動する電動オイルポンプ (EOP : Electrical Oil Pump 以降 EOP と記述) が必要となる<sup>1)</sup>。アイドルストップシステムは、比較的低コストで導入できる技術であるが、既存スペース内に設置するため搭載上の制約が厳しく、さまざまな搭載スペースに設置できる小型、高効率の EOP が必須である。また、EOP 自体の重量が軽量、高効率であれば自動車の低燃費化に貢献できる。これまでの当社への引合や市場調査より、目標設定した(図 2)。図 2 のように小型、高効率の EOP の開発に着手した。

## 2. 結果

現行ガソリン車の構造からアイドルストップシステム導入の改造規模を最小限に留めるため、EOP には図 2 のように小型・低コスト設計が求められる。今回、新たに開発した「アイドルストップ用電動オイルポンプ」は、従来の電動オイルポンプに対し、最適設計と部品点数削減で表 2 に示す飛躍的な効果を得ることができ、従来品と比べて電動機体積 30%小型化、47%高効率化、50%低コスト化できた。今回、EOP に適用した開発事例について紹介する。

## 3. 経緯

EOP はトランスミッション周辺の狭い空間に取り付くため、寸法制限があり、さまざまな搭載可能とするためには、小型化が必須となる。しかしながら、単純に小型化を考えた場合、電動機自体に流れる電流が増加し発熱する。結果、電子部品や巻線の寿命を短くすることとなる。そのため、出力を維持しながらの小型化には発熱の抑制が必要となる。その手段としては、電流値を抑える、電動機内部から外気までの熱抵抗を下げる等の手段があるが、前述の方が自動車の高効率化に貢献できる。そのため前述内容を主な開発内容として取り組み、高効率化しつつ、EOP の小型化、低コスト化に取り組んだ。

## 3. 1 過出力抑制制御

図 3 は EOP の出力特性とその負荷特性を示したもので、EOP の動作点は EOP 出力特性線と負荷特性線の交点となる。従来の EOP (図中破線) は成り行きで動作するため、負荷の漏れ量が少ないほど高油圧となり、必要性能範囲を超えて過剰な油圧を発生させてしまう場合があった。その対策として開発品には、過出力抑制制御を搭載した。EOP の制御回路は回転速度・電流・油温から吐出圧を推定し、その吐出圧が必要性能範囲以上となれば電動機の回転速度を下げて過剰油圧を抑え、最大 47%消費電力を低減することができた。

## 3. 2 電動機の小型化

部品の一体化や構造の見直しによって、可能な限り電動機の小型化、簡素化を目指した。本開発によって

重量減となり、自動車の燃費向上、搭載性に貢献した。

### 3. 2. 1 電動機の扁平化

EOP を小型化する手段として扁平型電動機の開発を行った。扁平化した理由として、電動機のトルクは鉄心長に対しては比例、径に対しては二乗に比例する為、径を拡大した方が出力あたりの電動機体積を小さくでき、高効率化できると考えた。また、回転子を中空化してイナーシャを低減することで、起動時の突入電流の抑制と回転子内部への軸受の配置を可能にした。回転子は焼結化によるネットシェイプによりコストを抑え、性能とコストのバランスを図った。結果、従来構造に対して軸方向長さを 32%短縮した電動機を実用化できた。

### 3. 2. 2 磁石保持器の採用

従来製品は、リング形状の磁石を回転子に接着固定した構造である<sup>2)</sup>。また、磁石をセグメント化するにあたって、リング磁石以上に磁石貼付位相が重要なため、今までの接着による工程では品質的に従来品同等の品質確保は困難になる。そこで本用途では、電動機トルクが小さいことに着目し、磁石は回転子への吸引力で保持させる思想で接着工程を廃止、回転子に樹脂枠を設けて磁石間の距離を保つ設計とした。最大の課題は磁石と樹脂の熱膨張係数の違いから生じる熱応力であったが、成型時の残留応力やフィルターの流れを考慮した流動解析手法を開発し、熱応力を最小限に留めることで設計を成立させた。結果、接着工程の完全廃止による管理コストの削減と、リングからセグメント形状への変更によるネオジム磁石の使用量の 30%を削減できた。

### 3. 2. 3 樹脂固定子枠の採用

従来の EOP は固定子枠がアルミであり図 9 の構造であった。さらなる小型、低コスト化を目指し、部品の一体化を行った。①固定子枠樹脂化、②部品削減を突き詰め、図 10 の構造とした。扁平化によるトルク定数を上げられたことで電流を低減、よって巻線の銅損低減から発熱抑制でき、樹脂の固定子枠を採用することが可能となった。これにより固定子鉄心を直接固定子枠内にインモールドすることが可能となり、アルミ固定子枠の切削工程、固定子鉄心締結のねじを廃止できた。また、電源部の金具を固定子にインモールド、コネクタ部も樹脂固定子枠と一体化成形することによって、絶縁性を保持しつつ、防水用のグロメット削減、組立工数削減ができた。電動機のブラケットについては固定子枠と同じ樹脂部材に変更したことで、スピン溶着による一体化によって、ねじ、O リングやグロメットの部品点数を削減でき、加えてポンププレートなど各部品の寸法の見直し、3.2.1 で述べた電動機扁平化によって、従来 EOP に対し 30%体積を低減した。コストにおいても、直材費、部品点数の削減により従来品の 50%減を達成できた。

## 4. おわりに

アイドルリングストップシステムは、ガソリン車の低燃費化を比較的低コストで実現可能とするため、今後より一層重要視される技術である。本開発で達成した EOP は、まさに社会的ニーズを満足するものであり、従来製品に対して 30%小型化、47%高効率化、50%低コスト化を実現し、アイドルリングストップ普及に対する貢献はきわめて大きいと考える。本開発製品によって、今後は下記の展開が期待できると考える。

#### (1) さらなるアイドルリングストップシステム搭載車の普及拡大

クラッチ係合の油圧源確保用として使用され、アイドルリングストップシステム搭載車の展開に伴い市場が拡大中である。本開発による小型・低コスト化により標準装備化を含めた展開の加速が考えられる。

#### (2) 将来車 (HEV, EV) 用途に適用拡大

EOP は、アイドルリングストップシステム以外にも HEV・EV の電動機・インバータ・減速機への冷却・潤滑用途に展開可能である。

#### (3) 小型化・低コスト技術としての応用

本開発で達成した電気・機械を融合した設計技術、低コスト化に貢献した樹脂成型技術、小型・低コスト化に貢献した機械部品の制御への置き換え技術は今後、益々発展する電動油圧アクチュエータ製品の成長に大きく貢献することが期待できる。

### 参考文献

- 1) 阪田隆俊, 横井弥壽雄: Koyo Engineering Journal, no.159(2001)74
- 2) 浅井康夫, 阪田隆俊, 行竹康博, 奥村繁一, 伊藤大吾: JTEKT Engineering Journal, no.1003(2007)46

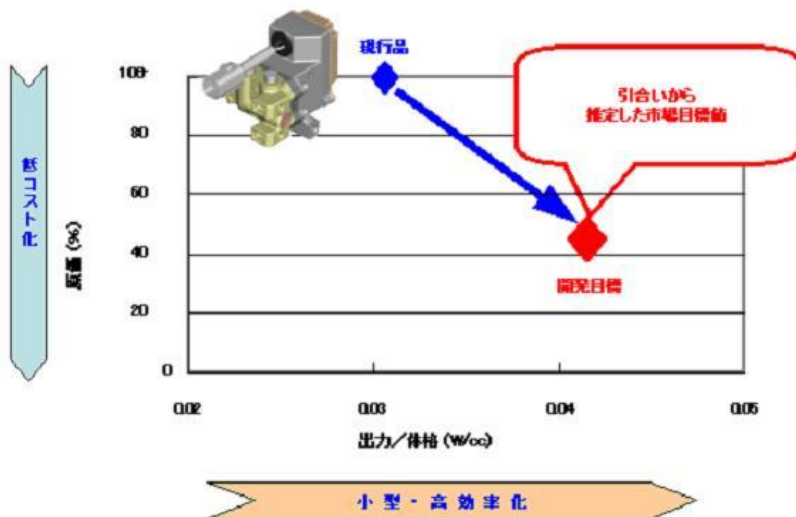
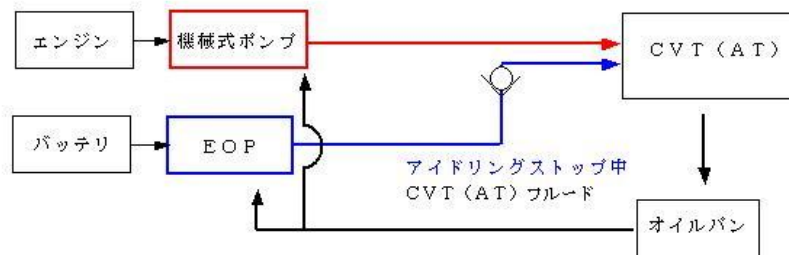
### 著者紹介



いのうえまさひろ  
井上昌弘君

1984年長岡技術科学大学大学院修士課程修了。同年日立造船株式会社入社。1988年光洋精工株式会社(現株式会社ジェイテクト)入社。現在に至る。軸受関連, 駆動関連における新製品の先行開発に従事。日本フルードパワーシステム学会, 自動車技術会の会員。

URL: <http://www.jtekt.co.jp>



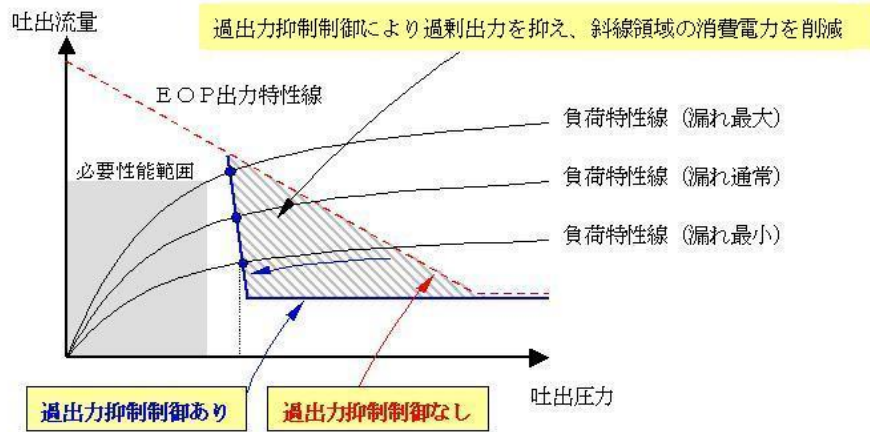


図3 過出力抑制制御によるEOPの出力

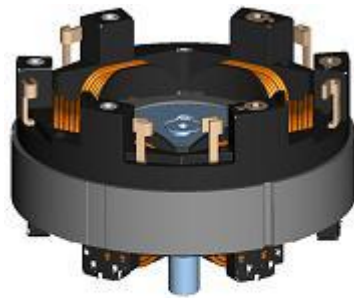


図4 開発品モータ ASSY

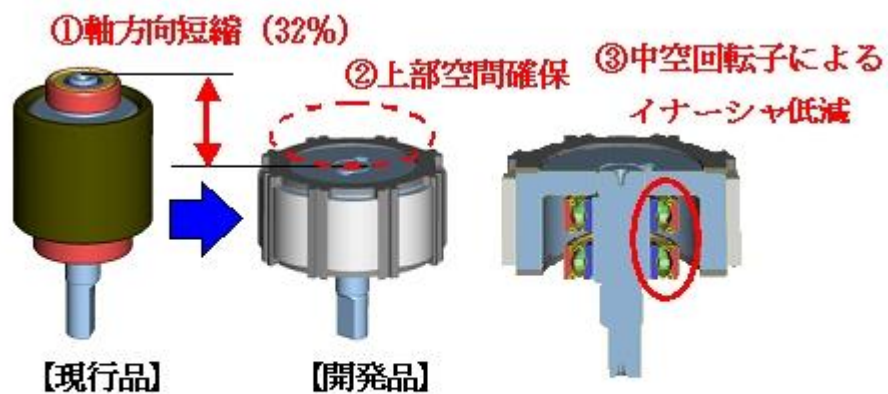


図5 回転子 軸受内蔵構造の効果



図6 磁石保持機による磁石固定

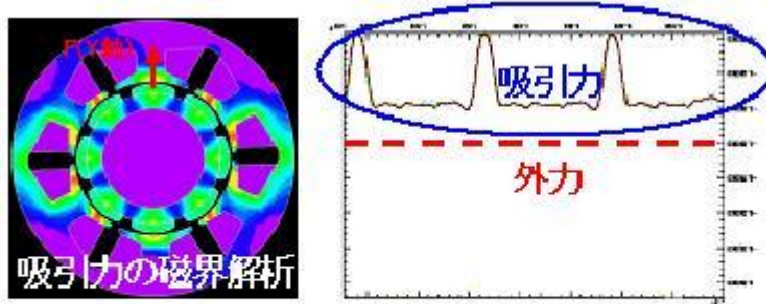


図7 磁石吸引力の解析

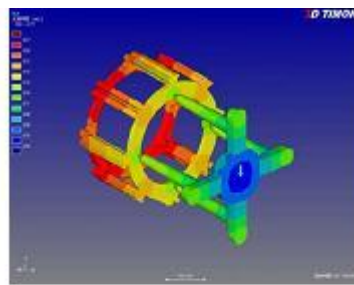


図8 磁石保持器の流動解析

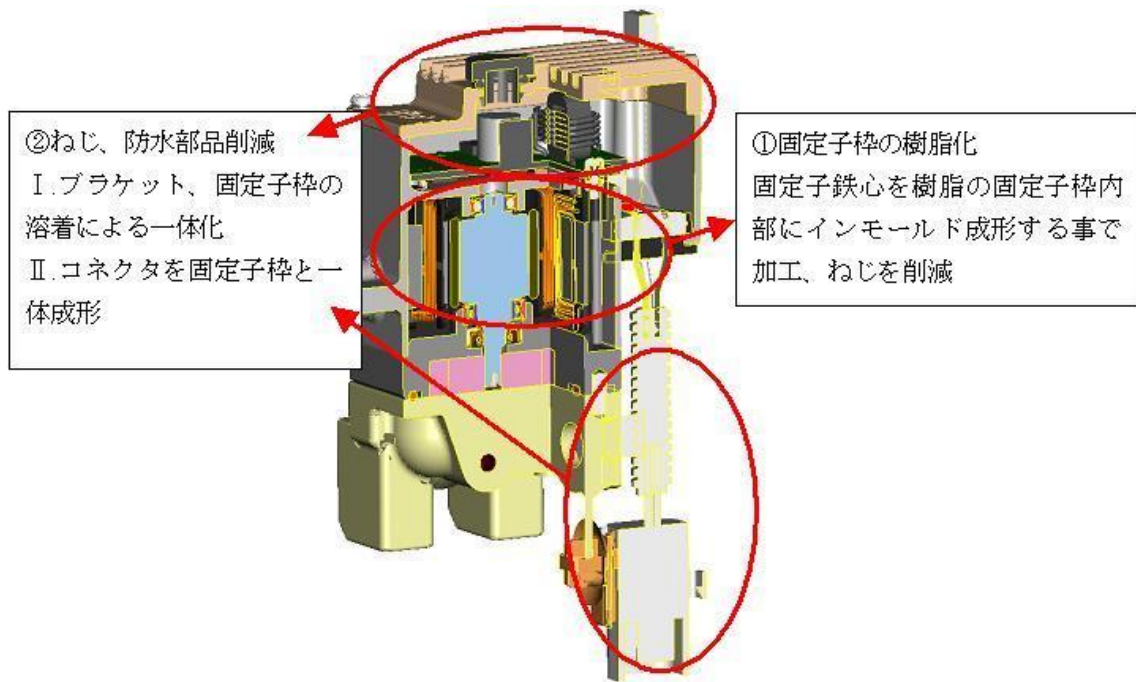


図9 従来の電動ポンプ構造

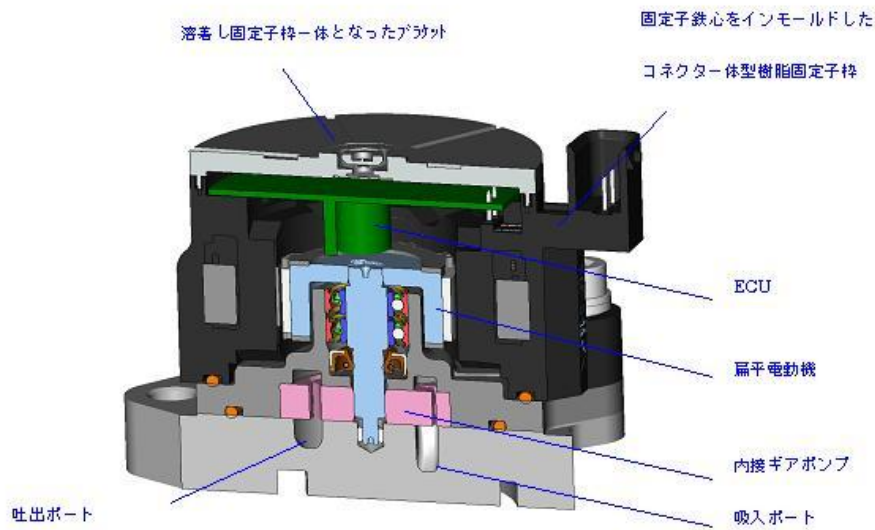


図10 今回開発した電動オイルポンプ構造

表1 開発技術一覧表

項目	内容	小型	高効率	低コスト
過出力抑制制御	回転数制御最適化で消費電力低減		◎	
電動機扁平化	回転子内に軸受を配置し軸方向短縮	○	○	○
磁石保持器の採用	磁石保持器を設定し接着工程の完全廃止			○
ケースの樹脂化	高効率設計に基づく発熱低減でケース樹脂化 ・モータのインモールド化でねじ、加工を削減 ・コネクタ、モータケースを樹脂で一体化 ・スピン溶着を用いてOリング無しで防水確保、ねじ削減	○		◎

表2 開発品の効果

	小型化	省エネ化	低コスト化
旧量産品比	▲30%	▲47%(最大)	▲30%